

(19) 大韓民国特許庁 (KR)

(12) 特許公報 (B 1)

(51) Int. Cl. ⁵

C22C 1/04

B22F 3/26

C23C 4/02

(45) 公告日付 : 1994 年 09 月 28 日

(11) 公告番号 : 特 1994-0008937

(21) 出願番号 特 1991-0004112

(65) 公開番号 : 特 1991-0016950

(22) 出願日付 1991 年 03 月 15 日

(43) 公開日付 : 1991 年 11 月 05 日

(30) 優先権主張 2-65197 1990 年 03 月 15 日 日本 (JP)

3-059545 1991 年 02 月 28 日 日本 (JP)

(71) 出願人 株式会社東芝

(72) 発明者 タカハシ マサシ 外 1 人

(74) 代理人 ムン・ギサン、ジョ・ギホ

審査官 : パク・ギハク (冊子公報第 3754 号)

(54) 複合化材料の製造方法及び受熱材料と受熱材料の製造方法

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
C22C 1/04
B22F 3/26
C23C 4/02

(45) 공고일자 1994년09월28일
(11) 공고번호 특1994-0008937

(21) 출원번호	특 1991-0004112	(65) 공개번호	특 1991-0016950
(22) 출원일자	1991년03월15일	(43) 공개일자	1991년11월05일
(30) 우선권주장	2-65197 1990년03월15일 일본(JP) 3-059545 1991년02월28일 일본(JP)		
(71) 출원인	가부시끼가이샤 도시바 아오이 조이찌 일본국 가나가와켄 가와사끼시 사이와이구 호리가와포오 72		

(72) 발명자 다카하시 마사시
일본국 가나가와켄 요코하마시 쓰루미구 스에히라 쵸오 2-4
이도오 요시아스
일본국 가나가와켄 요코하마시 쓰루미구 스에히라 쵸오 2-4
(74) 대리인 문기상, 조기호

심사관 : 박기환 (특허공보 제3754호)

(54) 복합화 재료의 제조방법 및 수열재료(受熱材料)와 수열재료의 제조방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

복합화 재료의 제조방법 및 수열재료(受熱材料)와 수열재료의 제조방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제1실시예를 나타낸 공정도.

제2도는 제1도의 W와 Cu의 계면에서 조성이 경사화된 복합화 금속 재료의 모식도.

제3도는 제1도의 W와 Cu의 계면에서 발생하는 응력의 모식도.

제4도는 제1도의 조성 경사부와 W와 Cu의 혼합층에서의 열전도율을 나타낸 도면.

제5도는 제1도의 실시예에 의해서 얻어진 재료를 활성 금속 용해용 도가니의 단면도 및 A부의 미세 조직을 모식적으로 나타낸 도면.

제6도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제2실시예를 나타낸 공정도.

제7도는 제2실시예에 있어서의 W의 분말 입도나 성형압이 소결체의 상대밀도에 주는 영향을 설명하기 위한 도면.

제8도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제3, 제4실시예를 나타낸 공정도.

제9도는 제3실시예에 의해서 얻어진 재료의 기계적 강도를 설명하기 위한 도면.

제10도는 제3실시예의 분산 강화재료의 후보예와 그 주된 특성을 나타낸 도면.

제11도는 제3실시예로 제조한 재료를 전자빔 타겟으로서 적용한 예를 설명하기 위한 도면.

제12도는 제11도의 전자빔 타겟 재료를 제조할 때의 Cu의 함침 방법을 설명하기 위한 도면.

제13도는 제11도에 나타난 전자빔 타겟에 전자빔을 조사한때의 온도분포와 기계적 응력 분포의 해석결과를 나타낸 도면.

제14도는 제11도에 나타난 전자빔 타겟에 전자빔을 조사한 때의 전자빔의 입열밀도(入熱密度)와

최대주응력(열응력)이나 최고도달온도의 관계를 나타낸 도면.

제15도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제5실시예를 나타낸 공정도.

제16도는 제5실시예에 의해서 얻어진 재료의 개략단면도.

제17도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제6실시예를 나타낸 공정도.

제18도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제7실시예를 나타낸 공정도.

제19도는 본 발명에 의한 복합화 재료의 제조방법의 제8실시예를 나타낸 공정도.

제20도는 제8실시예에 의해서 얻어진 재료의 개략단면도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은, 예를들면 W(텅스텐), Cu(동)와 같은 용점이 다르고, 또한 서로 고용되지 않은 2개의 금속재료를 복합화하는 복합화 재료의 제조방법 및 수열재료와 수열재료의 제조방법에 관한 것이다.

활성금속 용해용 도가니 또는 수열판으로 대표되는 초고온부를 갖는 기기에 있어서는, 고온에서 고에너지 밀도를 갖는 전자빔이나 플라즈마 등에 건달 수 있는 재료, 즉 빔 타겟 재료가 불가결한 경우가 많다.

이 빔 타겟 재료는, 과속한 조건에서 사용되므로, 다음의 2가지 특성을 만족시키는 것이어야 한다.

(1) 온도가 상승하는 열원 바로 아래에서 내열성이 충분할 것.

(2) 열전도성이 좋고 또한 냉각특성이 우수할 것, 이 (2)의 특성이 필요한 이유는, 일반적으로 열원의 반대측을 어떤 수단에 의해서 냉각해야 되기 때문이다.

그런데, 단일재료로서는, 내열성과 열전도성을 분리시켜서 생각할 수 없고, 한쪽의 특성이 결정되면, 다른쪽 특성이 결정되므로 자연히 한계가 있다.

이와같은 사정에서, 종래 2가지 특성을 함께 높이기 위해서는, 재료를 복합화하는 제조방법이 시도되었다. 그 하나로써, 금속중에서 가장 용점이 높은 W와 열전도성이 좋은 Cu를 복합화시켜 내열성과 열전도성이 쌍방의 특성이 우수한 복합재료의 제조가 시도되었다. 그런데, W와 Cu를 복합화하는 경우에, 이 2개의 재료는 서로 고용되지 않기 때문에, 그 접합 방법은 한정되고, 단순한 접합이나 경납땜등의 주로 기계적 접합 방법이 사용되고 있다.

전술한 바와같이 W와 Cu를 복합화한 것을, 고온부에서 사용하는 경우에는, 양자의 열팽창의 차이가 크다. 구체적으로는, W는 4.5×10^{-6} /K인데 대해서, Cu는 17.1×10^{-6} /K와 같이 크고, 발생되는 열응력도 매우 크다.

이 때문에, W와 Cu를 단순히 경납땜하여 복합화한 경우에는, W와 Cu의 계면에서 발생하는 열응력으로 인한 박리나 가열시에 인장응력이 열팽창율이 작은 쪽의 W중에 균열이 생기게 된다. 그 균열이나 박리는, 전체 열전도율을 저하시키므로, 재료의 온도상승으로 이어져서, 최악의 경우에는, 용융 사고를 일으킨다.

또, 이 결점을 개선하고자 하여, 예를들면 2종류의 재료 분말의 혼합비를 바꾸어 혼합시키면서 적층하고, 이것을 소결하는 방법에 의해서 경사조성(조성이 연속적으로 변화하는) 재료를 제조하고자 시도하여도 용접에 큰 차이가 있는 재료의 조합은 불가능하였다.

본 발명은, 서로 접합해야 할 2개 재료의 계면의 접합강도 및 열전도성이 우수한 복합재료의 제조방법 및 수열재료와 수열재료의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은 다음에 설명하는 바와같이 구성되어 있다.

청구 제1항에 대응하는 발명에서는 고용점 재료와 저용점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 그 기공율이 적어도 표면의 일부분에서 크고, 또 그 부분을 향해서 점차로 기공율이 커지도록 기공을 분포를 갖는 고용점 재료를 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 고용점 재료의 기공율이 큰 부분으로 저용점 재료를 용침시키는 제2공정을 구비시켜서 고용점 재료와 저용점 재료의 조성비율이 경사분포(연속적으로 변화)되도록 했다.

청구 제6항에 대응하는 발명에서는, 고용점 재료와 저용점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 고용점 재료의 분말과, 이 분말에 반응하지 않은 원소 또는 화합물의 분말을 첨가 혼합시키는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 혼합물을 성형시켜 고용 강화된 성형체를 얻는 제2공정과, 제2공정에서 얻은 성형체를 처리하여 연속적인 기공을 분포를 갖는 고용점 재료 소결체를 제조하는 제3공정과, 이 제3공정에서 얻은 소결체의 기공율이 큰 부분으로 저용점 재료를 용침(溶浸)시키는 제4공정을 구비시켜서 고용점 재료와 저용점 재료의 조성비율이 경사분포 되도록 했다.

청구 제7항에 대응하는 발명에서는, 고용점 재료와 저용점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 고용점 재료의 분말과, 이 분말에 반응하지 않은 원소 또는 화합물의 분말을 첨가 혼합시키는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 혼합물을 성형시켜 본산강화된 성형체를 얻는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 성형체를 처리하여 연속적인 기공을 분포를 갖는 고용점 재료 소결체를 제조하는 제3공정과, 이 제3공정에서 얻어진 소결체의 기공율이 큰 부분으로 저용점 재료를 용침시키는 제4공정을 구비시켜서, 고용점 재료와 저용점 재료의 조성비율이 경사 분포되도록 했다.

청구 제8항에 대응하는 발명에서는, 고용점 재료와 저용점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 고용점 재료를 압연, 단조등의 소성가공, 또는 합금화함으로써 기계적 강도를 강화한 기재(基材)를 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 기재에, 감압 플라즈마용사수단을 사용하여 공재

를 용사(溶射)함으로써, 용사하는 측으로 향하여 기공율이 증대하는 용사피막을 형성하는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 용사피막의 기공율이 큰 부분으로 저융점 재료를 용침시키는 제3공정을 구비시켜, 고융점 재료와 저융점 재료의 조성비율이 경사 분포되도록 했다.

청구 제9항에 대응하는 발명에서는, 초고온부에서 사용되고, 수열면측(受熱面側)과 반수열면측(反受熱面側)(열을 받는 반대측면)을 갖는 수열재료에 있어서, 수열면측에 용점이 높고 단결정화가 가능한 재료층이 형성되고, 또한 수열면측에서 반수열면측까지의 재료조성이 경사 분포되도록 형성하였다.

청구 제10항에 대응하는 발명에서는, 저열전도재료와 고열전도재료를 복합화한 수열재료의 제조방법에 있어서, 저열전도재료로서 도우프(dope)제 첨가한 압연재 또는 단조재 등으로 된 기재층을 사용하고, 이 기재층의 한쪽면에 이 기재와 동종류의 재료분말을 적층시켜 적층체를 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 적층체를 가열 소결하여 수열면으로 되는 면을 단결정화하고, 이 수열면과는 반대측면에, 용침시키는 측으로 향하여 기공율이 증대되도록 적층하여 소결체를 얻는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 소결체의 기공에 고열전도재료를 용침시키는 제3공정을 구비시켜, 상기 저열전도재료와 상기 고열전도재료의 조성비율이 경사 분포되도록 했다.

청구 제1항에 대응하는 발명에 의하면, 고융점 재료 예를 들면 W와, 저융점 재료 예를 들면 Cu와의 계면에서의 조성이 연속적으로 변화되어, 소위 조성이 경사화됨으로써, 양 재료의 계면의 중합강도(일차성) 및 열전도성이 우수한 것이 얻어진다.

청구 제6,7항에 대응하는 발명에 의하면 고융점 재료 예를 들면 W에 고용되는 원소, 또는 반응하지 않는 원소 또는 화합물을 첨가 혼합시키는 공정을 포함하고 있기 때문에 고융점 재료가 고용강화 또는 분산 강화되어 이에 의해서 각 재료 및 각 부위의 기계적 강도가 청구 제1항에 설명한 것보다 우수한 것이 얻어진다.

청구 제8항에 대응하는 발명에 의하면, 열응력의 발생이 큰 부위를 고강도 재료로 구성함으로써, 청구 제1,6,7항에 비해서 보다 가혹한 조건, 예를 들어 방 타겟에 적용하는 경우에, 한층 더 고열부하조건에 견딜 수 있는 것을 제공할 수 있다.

청구 제9항 및 제10항에 대응하는 발명에 의하면, 입자계면 취약화가 생기기 쉬운 입자계면을 없앨 수 있기 때문에, 정상 및 비정상의 쌍방이 열부하에 견딜 수 있는 수열재료가 얻어진다.

이하에, 본 발명의 실시예에 대해서 도면을 참조하여 설명하겠다.

제 1도는 본 발명의 복합화 재료의 제조방법의 제1실시예를 설명하기 위한 플로우차트이고, 제1공정(1)에서는, W의 분말을 얻고, 이것을 소망하는 형상으로 만들기 위해서, 도시치 않은 형태로 충전한다. 제2공정(2)에서는 제1공정(1)에서 얻은 W분말의 성형체를 얻는다.

제3공정(3)에서는, 제2공정(2)에서 얻은 성형체를 소결하여 W소결체를 얻는다.

제4공정(4)에서는 도시치 않은 용기내에서 Cu를 용융시키는 동시에, 이중에 제3공정(3)에서 얻은 W 소결체를 함침시킨다.

제5공정(5)에서는, 제4공정(4)에서 얻은 것을 기계 가공하여 최종적으로 희망하는 제품 형상으로 만든다.

이와같이 행하여 얻어진 복합화 금속재료에 의하면, 이하와 같은 효과를 얻게 된다.

1) W와 Cu의 계면에서의 조성이 대략 연속적으로 변화, 즉 조성이 경사화된다. 제2도는 전술한 바와 같이 제조한 복합화 금속재료의 모식도이며, 제2도(a)는 조성분포도이고 제2도(b)는 W와 Cu의 중량비에 대한 분포 특성도이다. 이 도면에서 명백한 바와같이 W와 Cu의 계면에서의 조성이 경사되므로, 단순한 재료의 접합이나 용사등의 기계적 접합을 이용한 종래의 복합화 금속재료에 비해서 본 실시예의 복합화 금속재료는, W와 Cu의 미세적 네트워크 구조가 형성되어, 미세적 접촉면적이 증대되기 때문에, 밀착성이 대폭적으로 향상된다.

2) 본 실시예에서는, W와 Cu의 혼합층에 있어서의 열팽창율이 대략 혼합비에 따라서 연속적으로 변화되기 때문에, 제3도에 나타난 바와같이 전술한 종래의 기계적 접합방법에 의한 복합화 금속재료에 비해서 열팽창율의 차이에서 생기는 열응력(압축응력과 인장응력)이 대폭적으로 저감된다. 이 때문에 W와 Cu의 접합부의 파단사고를 없앨 수 있다.

3) 본 실시예의 재료는, W와 Cu의 접촉면적의 증대와 동시에 단순한 접합시(종래예)에 볼 수 있는 재료사이의 공간을 없앨 수 있다. 그 때문에, W와 Cu의 계면에서의 열저항이 저감되고, W단체나 Cu 단체와 같은 우수한 열전도성을 갖게 할 수 있다.

제4도는 이것을 설명하기 위한 열전도를 특성이고, 이 도면에서 명백한 바와같이, 조성이 경사화된 부위의 열전도율이 큰 Cu에 크게 의존되는 특징을 살리면, 전체로서도 W단체 이상의 우수한 열전도성을 얻을 수 있다.

다음에, 전술한 제1실시예에 의해서 얻어진 복합화 재료를 활성 금속용해용 도가니 또는 수열판에 적용한 경우에 예에 대해서, 제5도를 참조하여 설명하겠다. 제5도(a)는 활성 금속 용해용 도가니 본체(11)의 수냉하스(13)를 나타낸 단면도이고, 제5도(b)는 제5(a)의 A부의 미세조직을 모식적으로 나타낸 도면이다. 도가니 본체(11)측은, 고온에 노출되기 때문에, 고융점 금속 W로 구성되고, 또, 수냉하스(13)는 열전도성이 우수한 Cu로 구성되고, 또, W와 Cu의 경사조성 영역(14)에서는 연속적으로 조성이 변화된, 소위 경사조성으로 되어 있다. 또 12는 수냉용 구멍이다.

이상과 같은 구성의 것을 제조하려면, 제6도의 플로우차트와 같이 행한다. 즉, 제1공정(21)에서는, W 미분말을 제조하는 동시에, 이것을 제5도의 도가니 본체(11) 형상으로 적층했다. 제2공정(22)에서는, 제1공정(21)에서 얻은 적층체를 CIP 성형시켜, W성형체를 제조한다. 제3공정(23)에서는 제2공정

(22)에서 얻어진 W성형체를, H₂ 등의 환원 고온 분위기중에 수시간 정도 보지하여 W소결체를 제조한다.

제4공정(24)에서는, 제3공정(23)에서 얻은 W소결체를 기계 가공하여, 최종적인 도가니 형상으로 완성시킨다. 이 경우에는, 계면의 경사조성부를 포함하여 기계가공을 행한다.

제1~제4공정(21~24)에서는, 도가니 본체(11)의 내부측이 밀도가 95% 이상으로 되도록, 또 도가니 본체(11)의 외주측이 밀도가 50% 정도로 될 때까지 연속적으로 변화되도록, 원료 분말, 성형압, 소결온도등의 제조조건을 제어한다.

제5공정(25)에서는 Cu를 어떤 수단으로 용융시키고 이 Cu의 용융조내에 제3공정(23)에서 얻은 W소결체를 함침시켜, W소결체의 기공중에 용융된 Cu가 충분히 스며드는 시간동안 보지한 후에, 냉각시킨다.

제5공정(25)의 처리는, H₂ 등의 환원 고온분위기 중에서 행하나, 제6공정(26)에서는, 충분히 냉각된 후에는 대기중으로 꺼내어, 소정치수의 도가니 본체(11)와 수냉하스(13)를 기계가공하여 마무리한다.

이상과 같은 제조방법으로 제조한 복합화 금속재료로 된 도가니(제5도)는, 그 경사조성영역(14)과 W와 Cu의 접착면적이 크기 때문에, 밀착성 및 열전도성이 우수하다.

또, 경사조성영역(14)에서의 조성이 경사화 되어 있기 때문에, W와 Cu의 열팽창율의 차이에 기인하여 가열시에 생기는 열응력의 피크치가 저감된다. 한편, 본 실시예의 도가니는, 도가니 본체(11)의 외주측에서 기공율이 연속적으로 변화되는 W소결 도가니가 제조될 수 있는 큰 포인트로 된다.

원료분말이 소결체 밀도에 주는 영향에 대해서는, 제7도에 나타난 바와같이 분말입도를 1 μ m~10 μ m의 범위내에서 변화시킴으로써 60%~95%의 상대밀도를 갖는 W소결체가 제조된다. 이것을 이용하면, W분말의 적층시에 사용하는 W분말 입자직경을 연속적으로 변화시킴으로써, 95%에서 60%까지 연속적으로 밀도가 변화된 W소결 도가니의 제조가 가능해진다. 또, 분말입자 직경을 변화시키는 것 만큼 효과는 크지 않으나, 성형압과 소결온도도 소결밀도를 변경하는 방법의 하나이기 때문에, 이들을 조합함으로써, 더 효과적으로 전술한 W소결 도가니 본체(11)의 제조가 가능해진다. 또, 그 W소결 도가니 본체(11)의 용융 Cu중으로의 함침에 있어서는, 용융 Cu는 W와 매우 침윤되기 쉽기 때문에 W소결체의 폐쇄된 기공중으로 스며든다. W소결체의 폐쇄된 기공과 개방된 기공의 경계는 90% 정도이기 때문에, W소결 도가니 본체(11)의 외주측의 밀도가 낮은 곳에는 대부분 Cu가 스며든다. 따라서, W소결체 도가니 본체(11)의 외주측의 밀도는, 연속적으로 변화되어 있으므로, 이에 의해서 W와 Cu의 조성이 경사화 된 도가니가 완성된다.

이상 설명한 제2실시예에 의하면, W와 Cu의 계면의 조성이 경사지고, 또한 W와 Cu의 접착면적을 증대시킴으로써, 다음과 같은 효과를 얻게 된다.

a) 영역(14)에서의 밀착성이 향상되고, 겸하여 고온 사용중에 있어서의 영역(14)에서의 열응력이 완화된으로써 영역(14)에서의 균열이나 파괴가 저감되어 수명이 향상된다.

b) 영역(14)에서의 열저항이 적어져서, 전체로서의 열전도성이 향상됨으로써, 수냉하스(13)의 수냉효과를 충분히 살린다. 이에 의하여, 도가니 본체(11)내의 용융금속의 온도구배가 크게 되는 동시에, 도가니 본체(11) 내벽 온도를 강하시킬 수 있게 되어, 도가니의 수명이 향상된다.

이상 설명한 제2실시예는, 활성 금속 용해용 도가니 또는 수열판을 예로 들었으나, 이 이외에 W와 Cu의 조합을 필요로 하는 다른 모든 고온기기에 있어서도 적용이 가능하다.

또, 실시예에서는 복합화되는 재료로써 W와 Cu의 조합을 취하고 있으나, 이에 한정되지 않고 용점이 다르고, 또한 서로 고용되지 않은 2개의 재료이면 어느 것이나 적용된다. 어떤 경우라도, 고용점측의 재료의 소결과, 그 소결체의 저용점측이 용융재료중으로의 함침 공정을 꼭 거쳐야 할 필요가 있고, 이 공정을 거치면 제조된 복합화 금속재료 경계 영역에 있어서, 조성이 경사화된 재료를 얻게 된다.

다음에, 본 발명의 복합화 재료의 제조방법의 제3실시예, 제4실시예에 대하여 제8도~제10도를 참조하여 설명하겠다.

전술한 제1실시예에서는, W와 Cu 계면에서의 열팽창율의 변화를 저감시키고 있으므로, 전술한 종래의 경납땜질한 재료에 비하면, 대폭적인 열응력의 완화가 가능하다. 그런데 제1실시예는, 판두께 방향으로 기공율분포를 갖는 W소결체를 제조하는 공정과, 그 W소결체의 기공중으로의 Cu의 용침으로 되는 소결용침 공정을 거치고 있으므로, 기계적 강도의 면에서 보면 반드시 충분하다고는 말할 수 없다.

즉, 기계적 강도를 지배하는 W는 소결공정을 거치고 있으므로, 재결정립자이고 특히 입자계가 약하다. 또, 그 W소결체는 판두께 방향으로 기공을 분포를 갖아야 필요가 있기 때문에, 기계적 강도를 높이기 위한 후가공인 열간단조등을 사용할 수 없다. 따라서, W와 Cu의 계면에서의 조성을 경사시켜서 열응력을 완화시켜도, 기계적 강도가 낮기 때문에, W중에 균열이 발생하는 경우가 있다.

이와같이 하여 제3실시예는 제1실시예의 기계적 강도를 높이기 위해서, W/Cu의 경사조성재료와 같이 단일조성의 2개의 재료로 된 조성재료에 있어서, 고용되는 제2원소, 예를들면 Re(레늄), Ta(탄탈), Nb(니오븀), Hf(하프늄) 분말 등을 첨가함으로써, 고용강화된 조성을 경사화함에 의한 가능성을 보지한 재료, 기계적 강도만을 향상시킨 복합화 재료의 제조방법이다.

구체적으로, 제8도의 플로우차트에 나타난 바와 같이, 제1공정(31)에서는, 각각 입도가 다른 W분말에, Re분말을 첨가시킨 것을 혼합한다. 제2공정(32)에서는, 입도가 적은 것으로부터 순차적으로 적층시킨다. 또, 제3공정(33)에서는, 제2공정(32)에서 적층된 적층체를 금형 프레스 성형방법 또는

CIP 성형방법으로 성형시킨다.

제4공정(34)에서는, 제3공정(33)에서 얻은 성형체를 소결시키고, 특히 고용되는 원소는 W와 합금화하여 판두께 방향으로 기공을 분포를 갖는 W 합금 소결체(제9도의 W-HIP재)를 얻고 있다. 제5공정(35)에서는, 제4공정(34)에서 얻은 W 합금 소결체를 용융된 Cu에 적시고, 기공중에 Cu를 용침시켜서 냉각시킨다. 제6공정(36)에서는, 제5공정(35)에서 얻은 용침재를 기계가공하여 소망하는 제품형상으로 만든다.

또, 제4실시예는 제3실시예와 같이, 제1실시예의 기계적 강도를 높이기 위해서, W/Cu의 경사조정재료와 같이, 단일 조성의 2개의 재료로 된 조성재료에 있어서, 고용되지 않은 제2원소나 화합물, 예를들면 ThO₂ (토리아) 분말등을 첨가함으로써, 분산강화된 조성을 경사화함에 의한 기능을 보지한채로 기계적 강도만을 향상시킨 복합재료의 제조방법이다.

구체적으로는, 제4실시예는 제8도의 플로우차트에 나타난 바와 같이, 제1공정(31)에서는 각각 입도가 다른 W 분말에, ThO₂ (토리아) 분말을 첨가시킨 것을 혼합한다. 이 공정이외는 전술한 제3실시예와 동일하다.

이상 설명한 제3실시예 및 제4실시예에 의해서 얻은 재료에는 다음과 같은 효과가 있다.

- 1) 본 재료의 기계적 강도를 지배하는 W는, 제9도에 나타난 바와 같이 합금화에 의해서 대폭적으로 급강 강도가 향상된다.
- 2) W 합금과 Cu의 계면이 경사 조성되어 있기 때문에, 열팽창율의 급격한 변화가 없고 따라서, 종래의 경납합금에 의한 접합체에 비해서, 열응력이 완화된.
- 3) W 합금의 열전도율은 주로, 열전도가 좋은 W에 지배되기 때문에, ThO₂의 열전도율은 10W/mK로 낮으나, 전체로서의 열전도율의 저하는 거의 없다.
- 4) 본 실시예에서 얻은 재료의 공정에서 영백한 바와 같이, 열전도성이 좋은 Cu가 네트워크상 조직으로 되어 있으므로 전체로서 매우 열전도성이 좋다.

제4실시예에서는 분산강화재로서는, ThO₂를 취하고 있으나, 기본적으로는, 화학적으로 안정하고 용점이 높은 재료이면 좋고, 제10도에 나타난 분산강화재료, 즉, TaB₂, TiB₂, HfB₂, Y₂O₃, ZrO₂ 중의 어느 것이라도 적용시킬 수 있다.

이상 설명한 바와 같이, 제3 및 제4실시예에 의하면, 열응력에 의한 W와 Cu계면의 박리나 재료중의 균열을 없앨 수 있고, 최종적으로는, 박리나 균열에 의한 열저항의 증대에 기인된 재료온도의 상승, 용융사고를 없앨 수 있다.

다음에, 제3실시예에 제조된 재료를 전자빔 타겟으로서 적용시킨 예를 제11도~제14도를 참조하여 설명하겠다.

제11도(a), 제11도(b)는 전술한 제3실시예에 의해서 얻어진 복합화 재료를 합성금속용해용 도가니등의 빔 타겟에 적용시킨 예로서, 제11도(a)는 전자빔(EB)용 타겟의 모식도이고, 제11도(b)는 제11도(a)의 A-A선에 따라서 절단하여, 화살표 방향에서 본 단면도이다. 빔 타겟(121)의 C측은, EB(116)에 노출되어 고온으로 되기 때문에, 고용점이고 고강도인 W 합금으로 구성되어 있다.

한편, 빔 타겟(121)의 반대측의 D측은 열전도성과 가공성이 우수한 Cu로 구성되어 있고, 수냉파이프(117)를 갖는 수냉구조로 되어 있다. 또, C측과 D측 사이는, W 합금과 Cu의 조성비가 연속적으로 변화된, 소위 경사조성으로 되어 있다.

제11도(a), 제11도(b)에 사용하는 복합재료는, 이하와 같이 제조한다.

즉, W 합금 소결체(118)의 제조는, 제8도에 나타난 제1공정에서 제4공정까지는 같다. 그러나, W 합금 소결체(118)의 기공중에 Cu(119)의 용침시, 제12도에 나타난 바와 같이 다소 대형의 흑연 도가니(120)에 기공들이 낮은 측을 상측으로 하여 넣고, 그 반대측에 Cu의 남은 부를 준비한다. 이 상태에서 Cu의 용침이 완료된 후에는, 기계가공에 의해서 소정치수로 다듬질하는 동시에, 수냉파이프(117)용의 구멍을 가공했다. 최후로, 수냉파이프(117)를, Ag-Cu 경합등을 사용한 경납합금 함으로 써 빔 타겟(121)가 완성된다.

이상과 같은 제조방법으로 제조한 빔 타겟(121)는, W 합금과 Cu가 경사 조성화되어 있고, 또 열전도성이 좋은 Cu가 네트워크 구조로 되어 있기 때문에, 사용중의 최고 도달온도의 저감과 열응력의 완화를 할 수 있다.

제13도는, 제11도에 나타난 전자빔 타겟에 전자빔을 조사한 때의 온도분포와 열응력(주응력)분포의 해석 결과를 나타낸 것이다.

구체적으로는, 제13도(a)와 제13도(c)는 각각 5kw/cm²의 라니아 EB에 의해서 가열했을때의 온도분포의 유한요소법에 의한 해석 결과를 W 합금/Cu의 경사 조성재료와, W 합금/Cu의 경합된 재료의 두가지 경우에 대해서 비교한 것이다. 제13(b)와 제13(d)는 각각 5kw/cm²의 라니아 EB에 의해서 가열했을 때의 열응력 분포의 유한요소법에 의한 해석 결과를 W 합금/Cu의 경사 조성재료와 W 합금/Cu의 경합된 재료의 두가지 경우에 대해서 비교한 것이다.

이 결과로부터, 경사조정화 함으로써, 최고 도달온도를 약 80K 저하시킬 수 있다. 또, 온도구배가 가장 커지는 EB 바로 아래에서 최대로 되는 열응력도 1/3정도로 저감될 수 있음을 알 수 있다.

또, 빔 타겟(121)는, W의 합금화에 의해서 고강도화를 도모하고 있기 때문에, 파괴에 도달될때까지의 EB 입력을 증대할 수 있다. 제14도에 EB 입력 밀도와 발생되는 최대 열응력, 최고 도달온도의

유한요소법에 의한 해석 결과를 나타내고 있다.

제13도에서 나타난 바와같이, 최대 열응력은 열원 바로 아래의 W 합금층에서 발생되고, Cu와의 복합화에 의해서 각부의 강도 저하는 그렇게 크지 않다고 생각되므로, 빔 타겟(121)의 파괴는, W 합금층에서 발생하는 응력이, 그 강도보다 커졌을 경우에 생기는 것으로 생각된다.

여기서, 제9도에 나타난 상온에서의 W, 또는 W 합금의 강도 측정결과를 기본으로 하여 합금화 함으로써 주어지는 입열을 얼마만큼 증대시킬 수 있는가에 대해서 생각하면, 순 W의 경우에는, 강도가 약 0.4GPa이기 때문에, 주어질 수 있는 입열밀도가 고작 4kw/cm² 정도인데 대해서, 5% Re를 첨가한 W-5Re합금은, 강도가 0.8GPa로써 약 2배로 증대되기 때문에, 약 8kw/cm²의 EB 입력이 가능하게 된다. 또, 입열밀도를 9kw/cm²로 하면, 최고 도달온도가 W 합금의 용점을 초과하기 때문에, Re량을 증가시켜 강도를 높여도 의미가 없어, 빔 타겟(121)의 적용한계로 된다.

이상 설명한 제3,4의 실시예는, 빔 타겟(121)에서, 특히 리니아 EB 가열의 경우에 대해서 설명했으나, 이외에 내열성과 고열전도성을 필요로 하는 모든 고온기기 부품에 적용시킬 수 있고, 빔의 형태도 EB에 한정되는 것은 아니고 모든 열원에 적용된다.

다음에, 제5실시예에 대해서, 제15도와 제16도를 참조하여 설명하겠다.

제5실시예의 제조방법은 제1공정(41) 내지 제4공정(44)을 포함하고 있다. 제1공정(41)에서는, 압연, 단조 등의 소성가공에 의해서 고강도 기판(45)을 제조한다.

제2공정(42)에서는, 제1공정(41)에서 제조된 고강도 기판(45)에 (국소적으로 큰 응력이 생기는 재료, 예를들면 EB 조사된 빔 타겟의 경우에는 가열표면에) 후술하는 공지의 감압플라즈마 용사장치에 의해서 용사시켜, 양 재료에 기공이 경사진 용사피막을 형성한다.

제3공정(43)에서는, 제2공정(42)에서 얻은 재료를 오픈 HIP(Hot Isostatic Pressing : 열간동방성 가압)에 의해서 파괴의 기점으로 되는 폐쇄기공(결함)을 제거한다.

제4공정(44)에서는, 제3공정에서 얻은 재료에 있는 개방기공에, 제2의 재료를 용침시킴으로써, 제16도에 나타난 경사조성층(46)을 갖는 복합화 재료가 완성된다.

여기서, 감압플라즈마 용사장치(VPS)에 대해서, 간단히 설명하겠다.

감압용기내에, 수십~수백 Torr의 감압불활성가스가 봉입되어 있고, 이 분위기내에서 용사될 가공물을 넣고, 이에 분말공급장치로부터의 분말을 플라즈마 제어장치로부터의 플라즈마와 함께 용사하는 것이다.

이같이 행하여 얻어진 복합화 재료는, 소성가공을 행한 고강도 기판(45)을 사용하고 있으므로, 기계적 강도의 강화를 도모할 수 있다. 또, 용사법에 의한 기공율은, 사용하는 분말입자 입경에 크게 의존되기 때문에, 반대로 말하면, 사용하는 분말입자경을 바꾸는 것만으로 기공율이 경사진 용사피막을 형성할 수 있다.

또, 감압플라즈마 용사방법은, 수십~수백 Torr의 감압불활성 분위기중에서 용사하기 때문에, 산화피막이 적은, 입자사이의 결합력이 강한 고강도 기판과의 밀착성이 좋은 피막이 형성된다. 또, 오픈 HIP에 의해서, 열저항의 증대의 원인이나, 응력집중부로 되는 폐쇄기공이 제거된다. 이 경우의 용침은, 불활성가스, 또는 환원분위기에서 상압, 또는 고압하에서 행함으로써, 제2의 재료로 개방기공을 메울 수 있다.

이상과 같이 제5실시예에 의하면, 전자빔 가열시의 균열등의 손상을 저감시킬 수 있는 동시에, 입열밀도를 증대시킬 수 있다.

다음에, 본 발명의 제6실시예에 대해서, 제17도를 참조하여 설명하겠다.

이 실시예는, 제17도에 나타난 바와 같이 제1공정(51)~제5공정(55)을 포함하며, 제1공정(51)에서는, 기재의 표면을 청정한다.

제2공정(52)에서는, 제1공정(51)에서 청정한 기판과, 이것과 동일 종류의 재료를 용사 예로들면 감압플라즈마 용사에 의해서 연속 경사 조성화를 행한다.

제3공정(53)에서는, 오픈 HIP에 의해서 제2공정(52)에서 형성된 개방기공(구멍이 외부와 연통되어 있는)을 남기고, 폐쇄기공(구멍이 외부와 연통되어 있지 않는)을 소멸시킨다.

제4공정(54)에서는, 제3공정에서 얻어진 기공중에 저용점 금속, 예를들면 Cu를 용침시킨다. 제5공정(55)에서는, 기계가공을 행한다.

이상 설명한 제6실시예에 의하면, 다음과 같은 효과를 얻게 된다.

제2공정(52)에서 행하는 감압플라즈마 용사는 수십 Torr의 불활성가스 분위기에서 용사하므로, 재료는 산화되지 않는다. 또, 사용하는 용사용 분말을 큰 입자직경으로 함으로써, 내부 미용융 입자가 날라와 부착되어, 비교적 기공율이 큰 피막을 형성할 수 있다.

또, 제3공정(53)에서 행하는 오픈 HIP 처리에서는, 제2공정(52)의 감압플라즈마 용사에 의해서 형성된 개방기공을 남기고, 폐쇄기공을 소멸시킬 수 있다.

이같이 행하여 얻어진 개방기공만을 갖고, 이 기공이 경사화된 재료 W에 저용점인 재료 Cu가 용침됨으로써, 비교적 광범위하게 용사하여, 대형인 연속 경사의 재료를 제작할 수 있다.

이와 같이 함으로써, 전술한 제1실시예에서 얻기가 어려웠던 3차원 곡면위에도, 경사 조성화 조직을 형성할 수 있으며, 제1실시예에서는 단계 경사였던 것이 연속경사 조성화로 되므로, 보다 더 열응력

완화가 도모된다.

이와 같이 함으로써, 코팅, 이음매등 이종 계면의 열응력 완화가 유효하게 작용되어, 열사이클 특성의 향상과, 내열성이 개선된다.

제6실시예의 기재로서는, M, Mo, Ta, Nb, Re, V, ZrO₂, MgO, Al₂O₃, Y₂O₃, SiC, Si₃N₄, BN, AlN 중의 어느 것을 사용하고, 저융점 재료로서는, Cu, Ag, Fe, Ni, Co 또는 그것들을 주성분으로 하는 합금의 어느 것을 사용하면 좋다.

또, 제6실시예에서 사용한 감압플라즈마 용사는, 이에 한정되지 않고, 내산화 특성이 우수한 재료이면, 대기중의 용사법, 예를들면 플라즈마 용사법, 가스용사법 아크용사법중의 어느 것이라도 똑같이 실시할 수 있는 동시에 똑같은 효과를 얻을 수 있다.

다음에, 제7실시예에 대해서 제18도의 공정도를 참조하여 설명하겠다.

이 실시예는, 전술한 제1실시예의 제4공정에서 제1재료의 기공중에 제2재료를 용침시킬 때에, 고압하에서 처리하는 HIP 용침을 행한 점에 특징이 있다. 즉, 제3공정(63)에서 소결체를 얻은 후에는 제4공정(64)으로서 오픈 HIP에 의해서 용침을 행하고, 그 후에, 제5공정(65)에서 HIP 용침을 행하는 것이다.

이제, 원형인 작은 구멍의 반경 γ 에, 표면장력 σ 의 유체가 들어가기 위해서는, 접촉각을 θ 로 하면, 압력 P는 이하의 식을 만족시킬 필요가 있다.

$$P \geq (2\sigma \cos \theta) \div \gamma$$

따라서, 재료계가 결정되면 θ 와 σ 는 일의적으로 결정되므로, 작은 구멍에 액체를 스며들게 하려면, 압력 P를 크게 해야 한다.

역으로 말하면, 압력 P를 가하면, 가할수록 더 작은 구멍에 액체가 스며들게 된다.

이같이 하여, 고온, 고압부를 만들 수 있는 HIP 장치를 사용하여 용침시키면, 개방기공중에 제2재료를 확실하게 용침시킬 수 있다. 또, 가스의 종류로서, Ar, He과 같은 불활성가스를 사용하면 재료의 산화 문제도 해소된다.

한편, 온도를 올리거나, 일반적으로 접촉각(θ)이 작아진다. 이에 수반되어, $\cos \theta$ 도 작아지기 때문에, 압력(P)을 일정하게 한 경우에는, 반경(γ)도 작게 되나 재료의 반응이 문제로 된다.

이상과 같이, 고압부에서의 HIP 용침에 의해서 개방기공이 남지 않고 또한 재료사이의 반응이 적은 경사조성재료의 제조가 가능하게 된다. 기공이 없어짐으로써, 기계적 강도가 향상되어, 열전도성의 향상이 도모된다.

제7실시예에 있어서, 접촉각(θ)이 작아지도록, 액체중에 활성원소를 첨가시켜 미세기공으로의 용침을 촉진시키도록 하여도 좋다.

다음에, 제19도와, 제20도를 사용하여 본 발명에 의한 수열재료의 제조방법과, 이 방법에 의해서 제조된 수열재료(이하, 제8실시예라 칭한다)에, 대해서 설명하겠다.

제19도는 그 제조방법을 나타낸 공정도이고, 제1공정(71)에서 수열연속을, W, Mo의 단결정화하기 위해, 도우프 압연재를 제조한다.

제2공정(72)에서는, 제1공정(71)에서 얻어진 압연재의 표면을 불라스트등으로 거칠은 면으로 만들어 W 분말을 경사 적층한다.

제3공정(73)에서는, 제2공정(72)에서 얻은 W 압연재와 W 분말을 소결 접합시키고, 제4공정(74)에서는, 제3공정(73)과 동시에, 2차 재결정을 이용하여, W, Mo의 최소 표면 도우프 W, Mo 압연재부를 거대 결정입자로 육성을 행하여 W 또는 Mo의 소결체(스켈톤)을 제조한다. 이 경우에는, 수열연속을 단결정으로 한다.

그 후에, 제5공정(75)에서는, 제4공정(74)에서 경사진 기공중에 Cu를 용침시켜, 제6공정(76)에서 기계가공에 의해서 다듬질 한다.

이같은 공정으로 된 수열재료(77)를 제20도에 나타냈다. 이 경우에는, 비정상적으로 받는 큰 열응력은, 수열면(78)의 연성이 우수한 단결정 W, 또는 Mo가 담당하고, 정상적인 열응력은, 그 하부의 W/Cu 경사 조성영역(80)에 의해서 완화된다. 입자계면 취화가 생기기 쉬운 W, Mo의 입자계면을 없애므로써, 극히 연성이 우수한 W, Mo가 가열연속에 배설된 수열재료를 얻을 수 있으며, 가열성이 우수한 동시에, 급가열에 의한 열충격 특성이 향상된다.

이상 설명한 수열재료를 제조하는 실시예는, 다음정도 회피하고 있다. 즉, W, Mo의 스펙트럼의 제조는, 거대결정입자 육성이 있어서, W, Mo 분말의 소결이 너무 진행되어 기공율이 경사진 영역이 충분히 제조되지 못하는데 있다. 이 때문에, 본 실시예 100미크론 정도 크기의 입자를 사용함으로써, 그것을 회피하고 있다. 그 외에, 감압플라즈마 용사에 의해서, 단결정판의 이면에 W, Mo의 경사 조성영역(80)을 형성할 수 있게 된다. 또, 거대한 단결정 성장을 먼저 실시하고, 단결정화된 재료의 표면에 W 분말을 경사적층하여, 소결결합 Cu를 용침시켜도 똑같은 수열판의 제조가 가능하다.

수열재료(77)를 제조하는 제8실시예에서는, 수열면(78)이 W, 또는 Mo의 수열재료를 예로 들었으나, 수열면을 Re, V중의 어느 것이나, W, Mo, Re, V를 주로 한 합금으로 된 것이라도 좋다. 또, 제21도의 수열면(78)과 반대측면(예를들면 수냉각되는 면)(79)을 고열전도재료로서 Cu, Ag, Fe 또는 이것을 주성분으로 하는 합금으로 형성하여, 수열면(78)으로부터 이것과 반대측면까지, 조성을 경사화시키도록 해도 좋다.

본 발명에 의하면, 2개의 재료의 접합강도(밀착성) 및 열전도성이 우수한 복합화 재료의 제조방법 및 수열재료의 제조방법을 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

고용점 재료와 저융점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 그 기공율이 적어도 표면의 일부분에서 크고, 또 그 부분으로 향하여 점점 기공율이 커지는 기공을 분포를 갖는 상기 고용점 재료를 소결법 또는 용사법중의 어느 한 방법으로 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 고용점 재료의 기공율이 큰 부분으로 상기 저융점 재료를 용침시키는 제2공정을 포함하고, 상기 고용점 재료와 상기 저융점 재료의 조성비율이 경사분포되도록 한 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1공정을 실시한 후에, 상기 제2공정을 실시하기 전에 열간등방가압(HIP)을 행하는 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 3

고용점 재료와 저융점 재료를 복합화한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 상기 고용점 재료의 분말과 이 분말에 고용되는 원소의 분말을 첨가 혼합시키는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 혼합물을 성형시켜 고용강화된 성형체를 얻는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 성형체를 처리하여 연속적인 기공을 분포를 갖는 고용점 재료 소결체를 제조하는 제3공정과, 이 제3공정에서 얻은 소결체의 기공율이 큰 부분으로 상기 저융점 재료를 용침시키는 제4공정을 포함하고, 상기 고용점 재료와 상기 저융점 재료의 조성비율이 경사분포되도록 한 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 4

고용점 재료와 저융점 재료를 복합화 한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 상기 고용점 재료의 분말과, 이 분말에 반응하지 않은 원소 또는 화합물의 분말을 첨가 혼합시키는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 혼합물을 성형시켜 분산 강화 한 성형체를 얻는 제2공정과, 제2공정에서 얻은 성형체를 처리하여 연속적인 기공을 분포를 갖는 고용점 재료 소결체를 제조하는 제3공정과, 이 제3공정에서 얻은 소결체의 기공율이 큰 부분으로 상기 저융점 재료를 용침시키는 제4공정을 포함하고, 상기 고용점 재료와 상기 저융점 재료의 조성비율이 경사분포되도록 한 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 5

고용점 재료와 저융점 재료를 복합화 한 복합화 재료의 제조방법에 있어서, 상기 고용점 재료를 압연, 단조등의 소성가공, 또는 합금화함으로써 기계적 강도를 강화한 기재를 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 기재에, 감압 플라즈마 용사수단을 사용하여 공재를 용사함으로써 용사하는 층으로 향하여 기공율이 증대하는 용사피막을 형성하는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 용사피막의 기공율이 큰 부분으로 상기 저융점 재료를 용침시키는 제3공정을 포함하고, 상기 고용점 재료와 상기 저융점 재료의 조성비율이 경사분포되도록 한 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 6

초고온부에서 사용되고, 이온빔, 전자빔등의 고강도 빔이나 플라즈마등으로부터 고열부하를 직접 받은 수열면측과 물이나 가스 등에 의하여 강제냉각되는 반수열면측을 갖는 수열재료에 있어서, 상기 수열면측에는 용점이 높고 단결정화가 가능한 재료층이 형성되고, 또한 상기 수열면측으로부터 상기 반수열면측까지의 재료조성이 경사 분포되도록 형성된 것을 특징으로 하는 수열재료.

청구항 7

저열전도 재료와 고열전도 재료를 복합화한 수열재료의 제조방법에 있어서, 상기 저열전도 재료로서, 도우프(dope)제 첨가압연재 또는 단조재의 소성재로 된 기재를 사용하여 이 기재의 한쪽 면에 이 기재와 동종류의 재료분말을 적층시켜 적층체를 얻는 제1공정과, 이 제1공정에서 얻은 적층체를 가열소결하여 수열면으로 되는 면을 단결정화하고, 이 수열면과는 반대측면에 용침시키는 층으로 향하여 기공율이 증대되도록 적층시켜 소결체를 얻는 제2공정과, 이 제2공정에서 얻은 소결체의 기공에 상기 고열전도 재료를 용침시키는 제3공정을 포함하고, 상기 저열전도 재료와 상기 고열전도 재료의 조성비율이 경사분포되도록 한 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

청구항 8

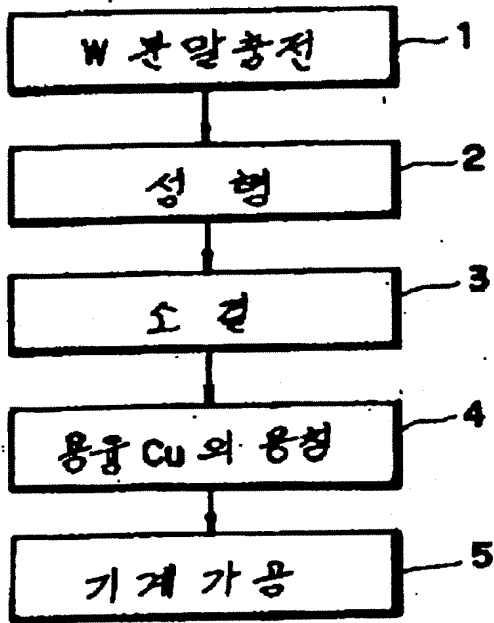
제7항에 있어서, 상기 제1공정에 있어서의 재료분말의 적층은 감압플라즈마 용사수단을 사용하여 적층하는 것을 특징으로 하는 수열재료의 제조방법.

청구항 9

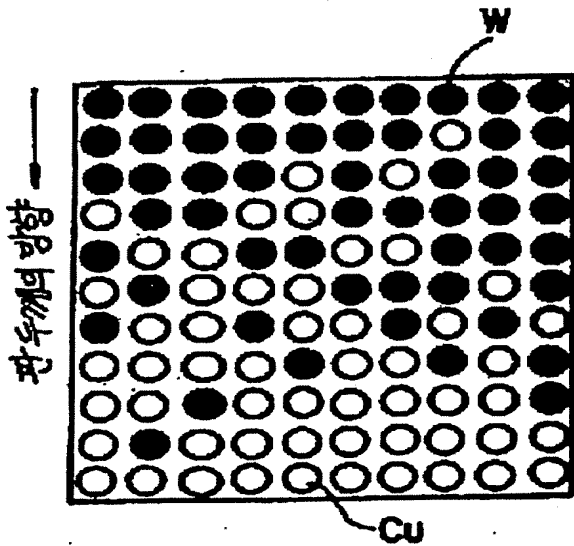
제5항에 있어서, 상기 제2공정을 실시한 후 상기 제3공정을 실시하기 전에 열간등방가압(HIP)을 행하는 것을 특징으로 하는 복합화 재료의 제조방법.

도면

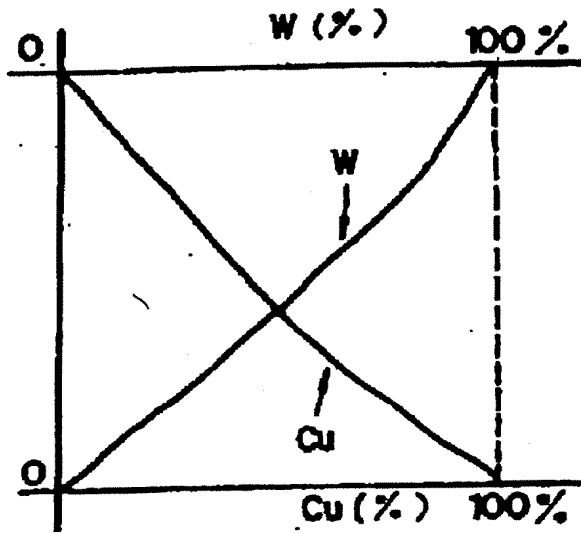
도면1



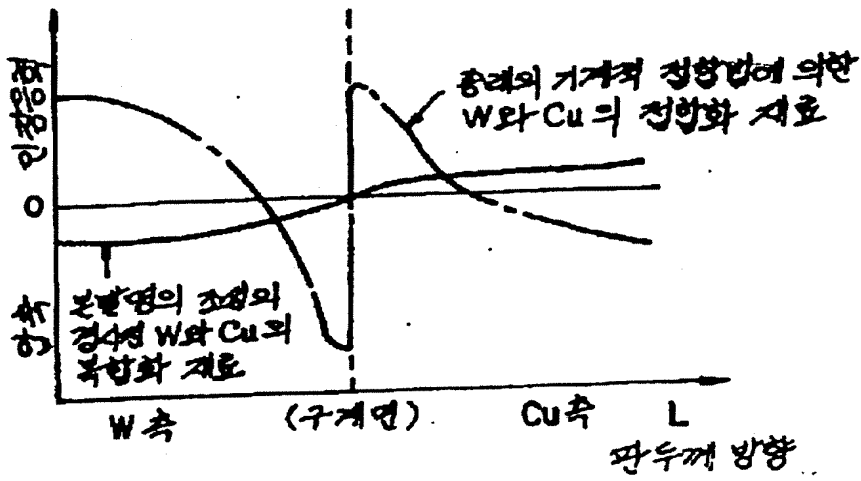
도면2-a



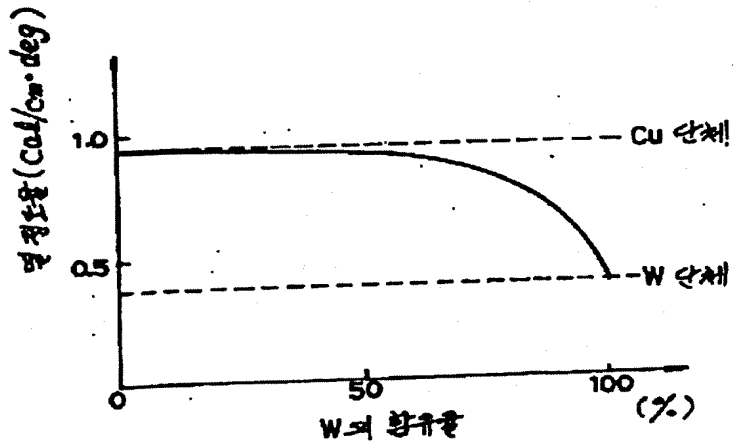
도면2-b



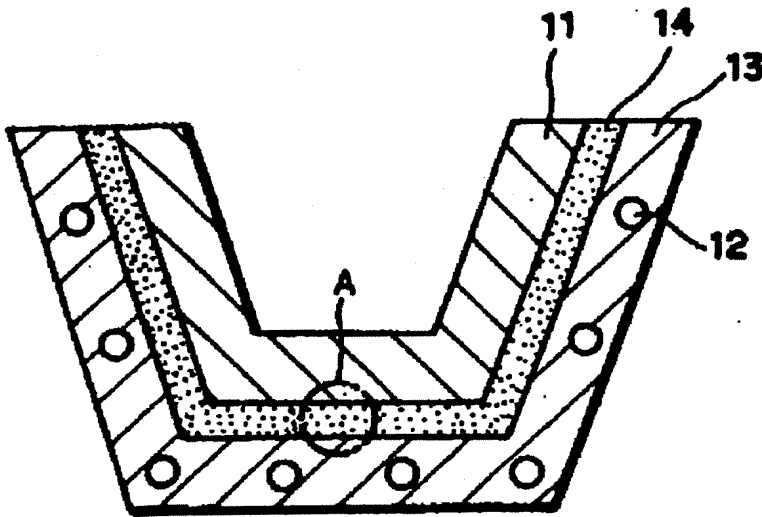
도면3



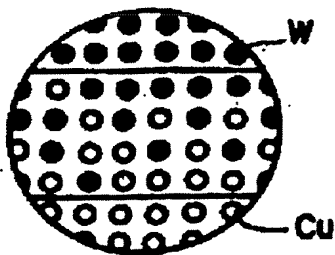
도면4



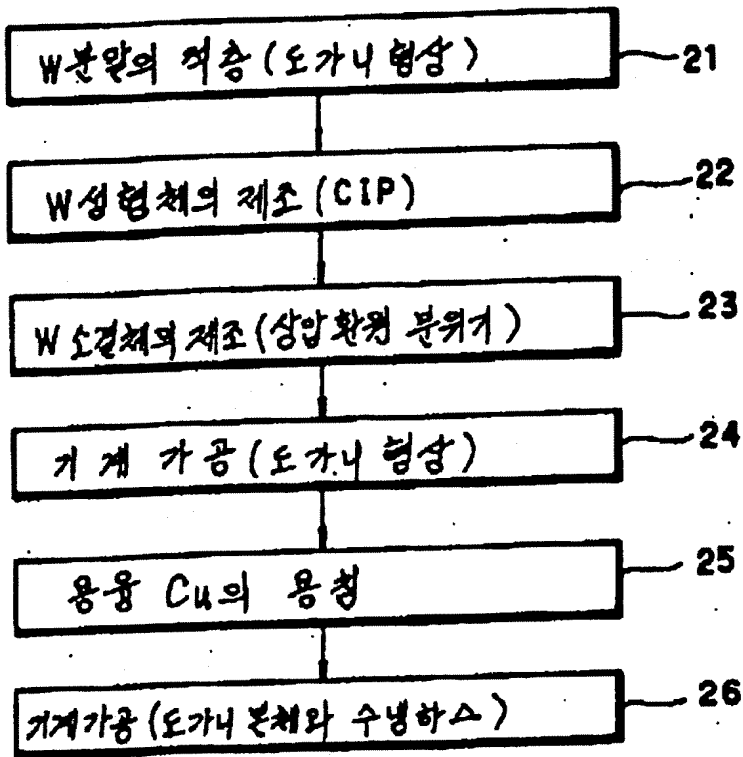
도면5-a



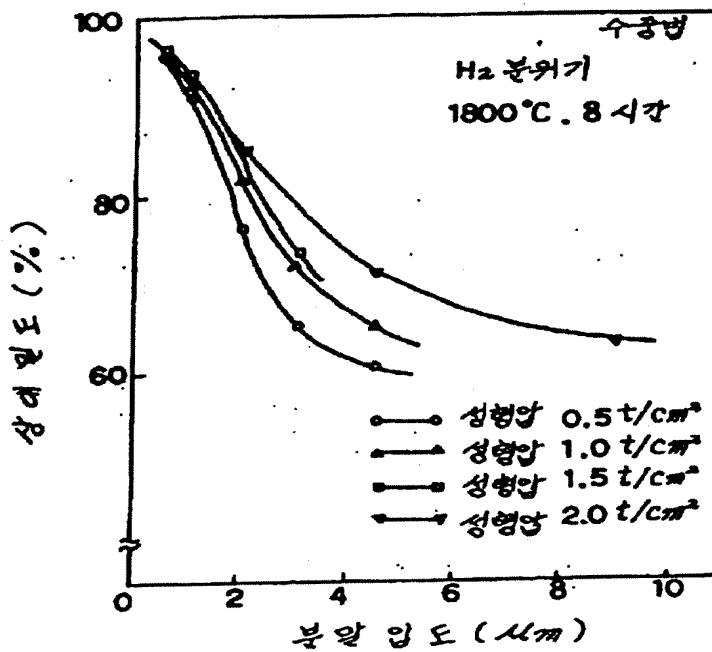
도면5-b



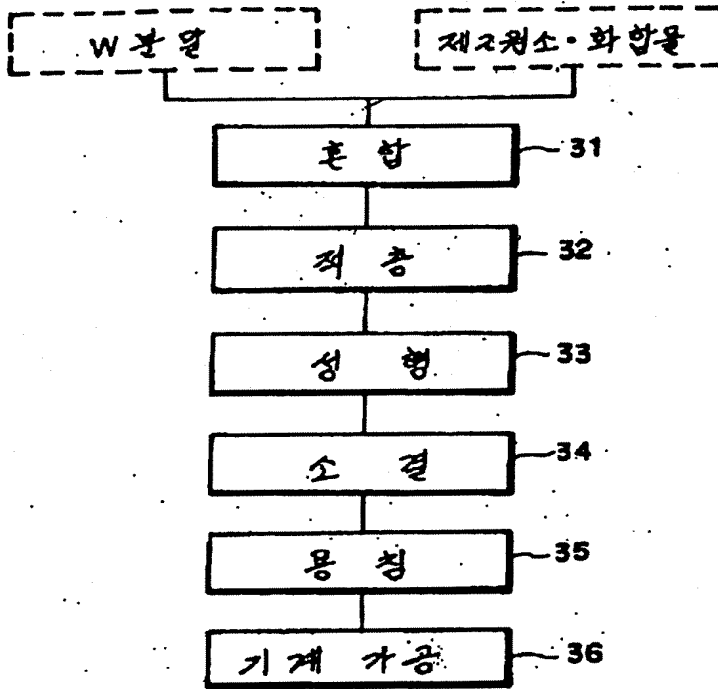
도면6



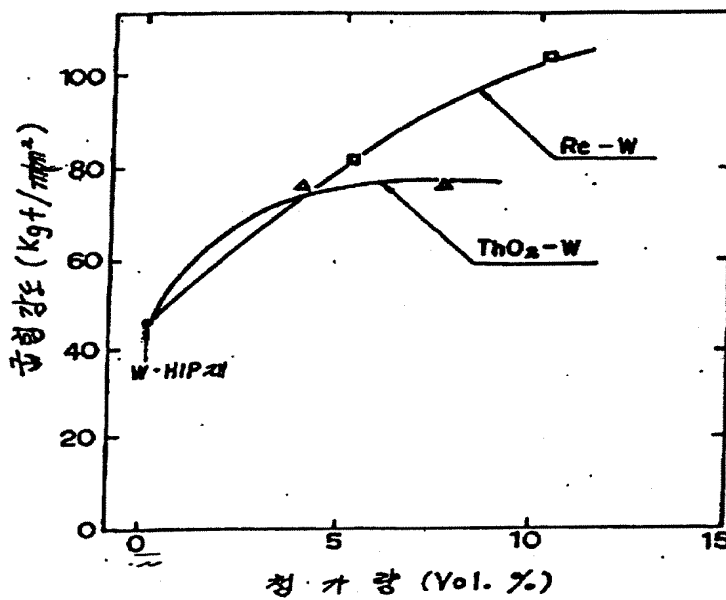
도면7



도면8



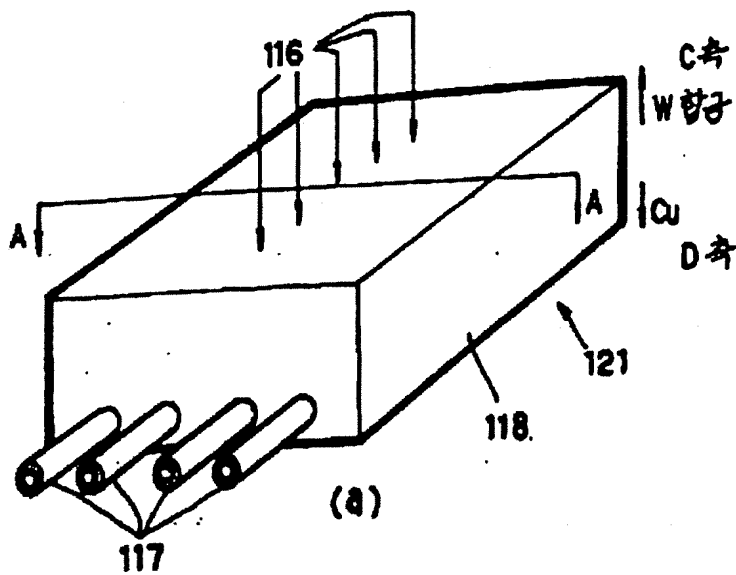
도면9



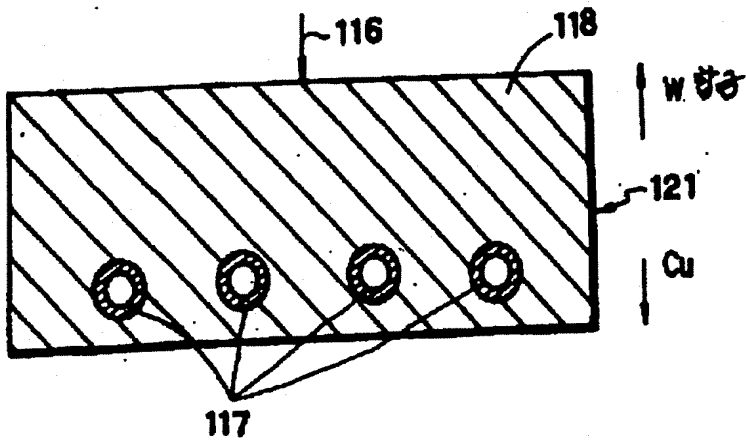
도면10

재 호	화학적안정도	용점(K)	열전도율(V/mK)
Ta B ₂	안정	3370	40
Ti B ₂	안정	3190	38
Hf B ₂	안정	3520	85
Y ₂ O ₃	안정	2713	3
ZrO ₂	안정	2950	2

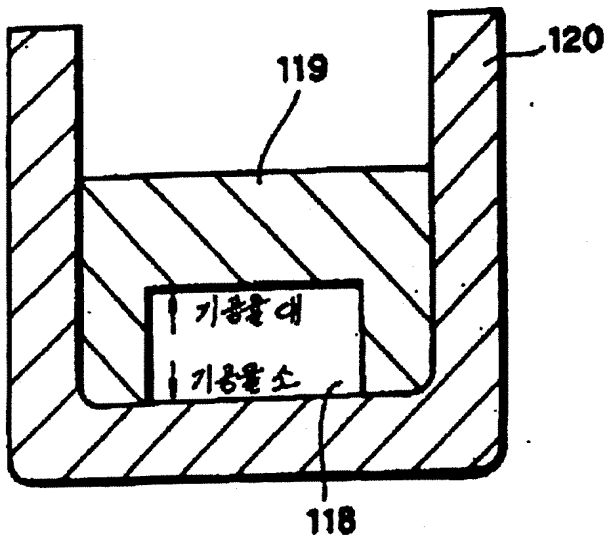
도면11-a



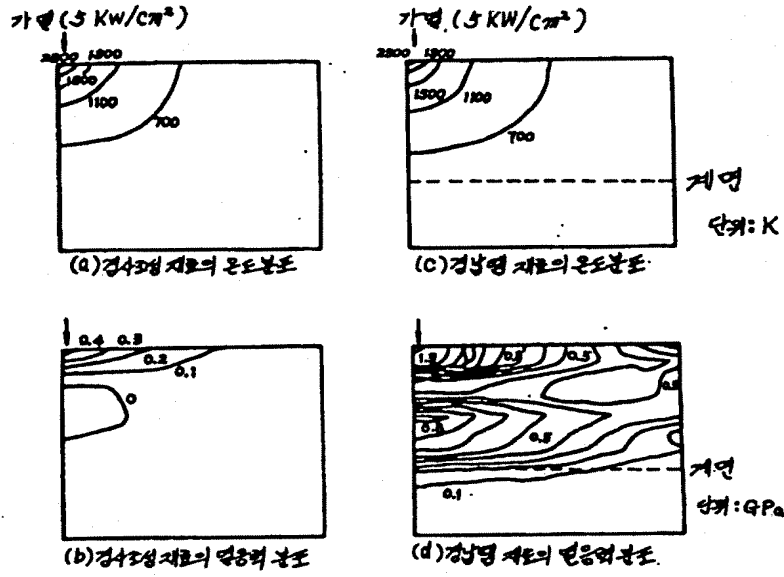
도면11-6



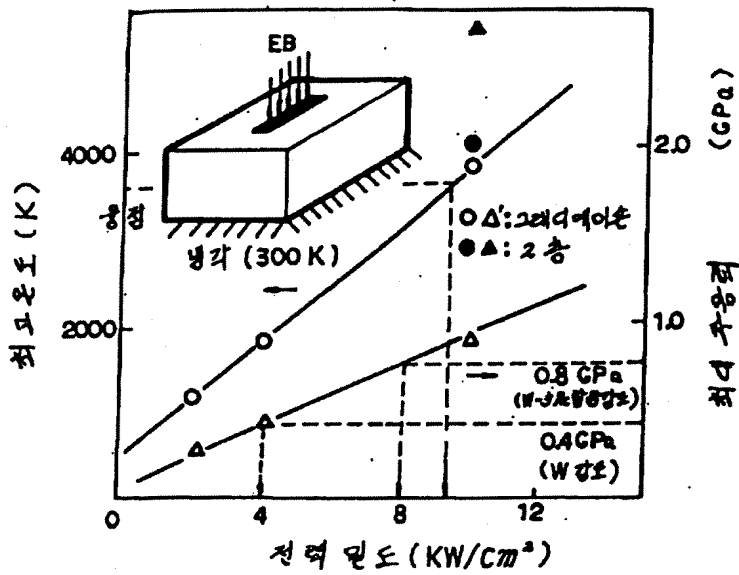
도면12



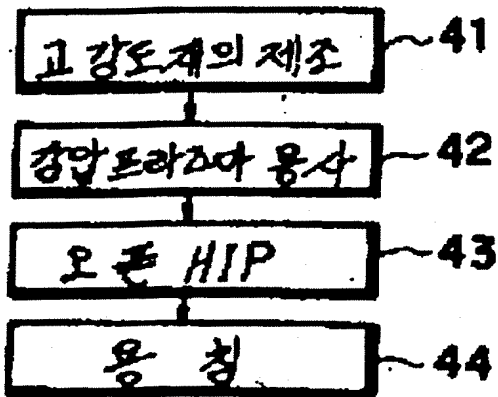
도면 13



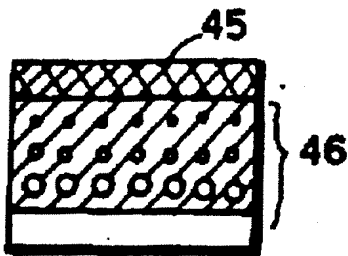
도면 14



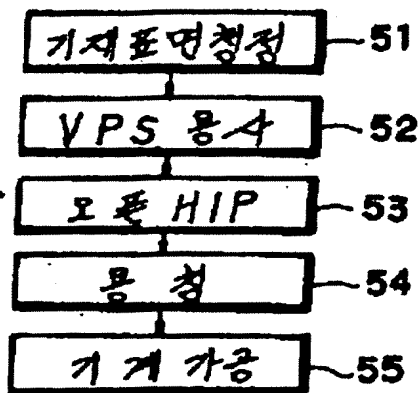
도면15



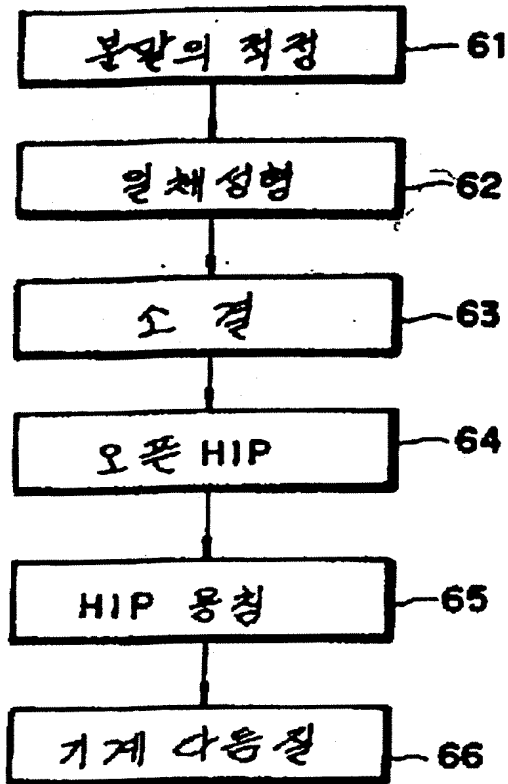
도면16



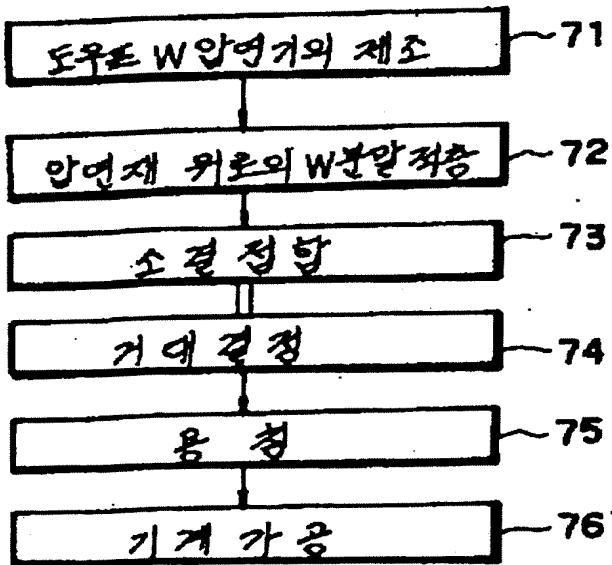
도면17



도면18



도면19



도면20

